

小菜蛾饲养技术与规范*

郭兆将** 康 师 吴青君 张友军***

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要 小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 是一种世界性危害的十字花科蔬菜重要害虫, 其抗药性问题尤为突出。目前, 小菜蛾已成为害虫抗药性等多个研究领域的重要研究对象, 而小菜蛾室内大规模人工饲养是开展相关研究的基础。针对目前小菜蛾室内大规模人工饲养技术存在不规范、不科学、不标准等问题, 本文重点介绍了本实验室成熟系统的小菜蛾室内大规模人工饲养方法——甘蓝萝卜苗法。该方法简单、易操作、实用性强, 因此, 可以作为一种小菜蛾室内大规模人工饲养的技术规范在全国范围内推广。

关键词 小菜蛾, 蔬菜害虫, 人工饲养, 技术规范

Technical specifications for the mass-rearing of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)

GUO Zhao-Jiang** KANG Shi WU Qing-Jun ZHANG You-Jun***

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract The diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is an important global pest of crucifers. The resistance of this species to insecticides is a major obstacle to its effective management. *P. xylostella* has become an important study species in different areas of research, including insecticide resistance. Developing methods for the mass-rearing of *P. xylostella* in the laboratory is therefore essential to facilitate such research. Current techniques for the laboratory mass-rearing of *P. xylostella* are nonstandard and unscientific. This paper focuses on introducing the technical specifications of a standardized technique for the mass-rearing of this species in the laboratory that is both simple and practical. This method of mass-rearing *P. xylostella* deserves to be promoted nationally.

Key words *Plutella xylostella*, vegetable pest, artificial rearing, technical specification

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 属于鳞翅目 Lepidoptera 菜蛾科 Plutellidae, 是一种世界性分布的十字花科蔬菜重要害虫。小菜蛾个体较小, 世代周期短, 繁殖能力强, 严重危害时能造成蔬菜减产 90% 以上, 甚至绝收。据最新统计, 每年由小菜蛾危害所造成的全球直接及间接经济损失高达 40~50 亿美元 (Furlong *et al.*, 2013)。在我国, 自 20 世纪 70 年代以来小菜蛾已发展成为南方多个省份十字花科蔬菜的主要害虫, 而且, 近年来其在北方的危害也呈明显上升趋势,

田间防治压力很大 (张友军等, 2013)。小菜蛾之所以危害如此严重是因为其极易对杀虫剂形成抗药性, 其杀虫剂抗性发展速度快, 抗性水平高, 抗性谱极广, 田间化学防治十分困难 (吴青君等, 2001)。因此, 小菜蛾是害虫抗药性机制研究理想的实验材料, 目前小菜蛾已成为昆虫毒理学、生理学、免疫学和病理学等学科领域的重要研究对象和实验昆虫, 而室内小菜蛾大规模人工饲养技术成为开展以上各项研究的重要基础。

目前, 国内外已有多项关于小菜蛾室内人工

* 资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目(30871659, 30471159); 863 项目(2012AA101502)

**第一作者 First author, E-mail: zjguo1988@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangyoujun@caas.cn

收稿日期 Received: 2014-12-07, 接受日期 Accepted: 2014-12-20

饲养技术的研究报道,然而,比较后可以发现,这些技术方法各有利弊,不宜使用单一方法长期进行小菜蛾大规模人工饲养(Hou, 1986; 陈宗麒等, 2001; 弓爱君等, 2005; 董世峰等, 2010)。本实验室已开展小菜蛾抗药性研究工作十余年,并在甘蓝苗活株法的基础上配合萝卜苗蛭石法形成了独特的甘蓝萝卜苗法和一整套成熟标准的小菜蛾室内大规模人工饲养技术。针对目前一些小菜蛾饲养技术与方法不规范、不科学、不标准等问题,本文作者对本实验室小菜蛾室内大规模人工饲养技术进行了总结并对饲养过程进行了规范,以期在国内开展小菜蛾相关研究的实验室提供室内大规模人工饲养的技术规范。

1 饲养材料

1.1 饲养用品

冰箱;高温湿热灭菌锅;烘箱;空调;除湿机;双层光照养虫架(层间距 40~45 cm);纱网;长方形不锈钢托盘(40 cm × 20 cm);成虫饲养笼(10 cm × 10 cm × 20 cm);长方形塑料盆(20 cm × 10 cm);64 孔育苗穴盘;报纸;镊子;毛笔;圆形塑料托盘;脱脂棉;蜂蜜;注射器;喷壶;塑料营养钵;蛭石;营养土等。

1.2 饲养药剂

百菌清(或多菌灵),生石灰粉,次氯酸钠。

1.3 饲养条件

(1) 养虫室:可单独隔出带门小隔间,每个隔间的光照养虫架都罩上纱网用于饲养不同的小菜蛾种群。将养虫室温度控制在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,空气相对湿度为 60%~70%,光周期为 L:D=8:16。

(2) 养苗温室:保温条件良好,通风且光照充足。

1.4 饲养植物

(1) 萝卜苗种植。萝卜种子处理:将萝卜种子漂洗干净,浸泡过夜后,用清水冲洗滤干,再用 75%百菌清(或 50%多菌灵)500 倍液浸泡 40 min 进行消毒,冲洗滤干,先将长方形塑料盆

下垫一层报纸,然后将高温湿热灭菌后烘干处理的蛭石平铺于长方形塑料盆内(3.0~3.5 cm 厚),再在上面铺一层薄黄纸,浇水后再均匀撒播萝卜种子,出芽前覆盖黑色塑料薄膜避光处理,置于温湿度合适的养苗温室内,出芽后让其自然生长,注意浇水保湿。待萝卜苗长至 3 cm 左右时(图 1:A),即可用于饲喂小菜蛾幼虫。

(2) 甘蓝苗种植。甘蓝品种:京丰 1 号,由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供。甘蓝种子处理:将甘蓝种子漂洗干净,浸泡 6~7 h 后冲洗滤干,用 75%百菌清(或 50%多菌灵)500 倍液浸泡 40 min 进行消毒,再用清水冲洗滤干,然后均匀撒播在 64 孔育苗穴盘中。穴盘中灭菌营养土厚度不超过塑料盘高度的 2/3,用喷壶淋水至饱和,种子发芽后一周,喷洒尿素液(3 g/L),待幼苗长至 4~5 片叶,将甘蓝幼苗移入直径 8 cm 的塑料营养钵。当甘蓝苗长成 6~8 片叶时(图 1:B),即可放入养虫室饲喂小菜蛾幼虫。

1.5 供试虫源

小菜蛾敏感种群(DBM1Ac-S):该种群已在本实验室养虫室内连续饲养十余年,期间从未接触过任何杀虫剂。

2 饲养过程

2.1 成虫饲养

2.1.1 萝卜苗饲养笼法 成虫饲养前先在饲养室隔间内均匀撒上一层生石灰粉并在双层光照养虫架各层铺上报纸,然后在养虫架各层中间放上长方形不锈钢托盘,托盘中同样撒上一层生石灰粉并铺上一层报纸。将保存于 4°C 冰箱中的小菜蛾蛹取出,放入干净的成虫饲养笼(以铁丝架做成的 80 目纱网笼),笼内挂一个脱脂棉块并用注射器加入 10%蜂蜜水以供小菜蛾成虫补充营养,增加产卵量。平时可以使用萝卜苗进行接卵,尤其是在甘蓝苗供应不及时的时候,该法无疑是最佳选择。可以将一盆小萝卜苗放于不锈钢托盘内,再将成虫饲养笼悬挂于萝卜苗上方,待小菜蛾蛹羽化交配后,可在萝卜苗叶片上产卵,卵孵

出后让其自然发育。小菜蛾产卵期间一定要更换多盆新萝卜苗进行接卵, 注意控制萝卜苗湿度, 湿度过大易导致萝卜苗霉菌滋生并影响卵的孵化, 湿度过小易导致萝卜苗萎蔫进而影响幼虫存活及生长(图1:C)。

2.1.2 甘蓝饲养笼法 除了萝卜苗接卵, 同样可以使用甘蓝苗。选取几颗合适的甘蓝苗, 将其叶部放于不锈钢托盘内, 其根部放于托盘外盛有水的圆形塑料托盘中。再将成虫饲养笼悬挂于托盘中甘蓝苗上, 待小菜蛾蛹羽化交配后, 会在甘蓝苗叶片上产卵, 卵孵出后让其自然发育。在小菜蛾产卵期间, 当第一批甘蓝苗上产卵较多后, 一定要更换一批新甘蓝苗继续接卵, 注意控制甘蓝

苗密度以控制叶片湿度, 密度和湿度过大易导致甘蓝苗叶片变黄和霉菌滋生影响小菜蛾卵的孵化和幼虫生长, 同时甘蓝苗要及时浇水, 否则易导致甘蓝苗萎蔫进而影响幼虫存活及生长(图1:D)。

2.2 幼虫饲养

待小菜蛾1龄幼虫将甘蓝苗吃光时, 采用靠接法(袁静和翁永军, 2001)更换旧甘蓝苗, 并将下层将要干枯的叶片摘下, 悬挂于新甘蓝苗上方, 幼虫会吐丝下垂自动转移到新苗上取食。如此不断更换新鲜甘蓝苗供小菜蛾取食, 直至幼虫长大后化蛹。期间注意及时浇苗, 补充苗根部营养土缺失的水分。此外, 当某些非正常因素导致

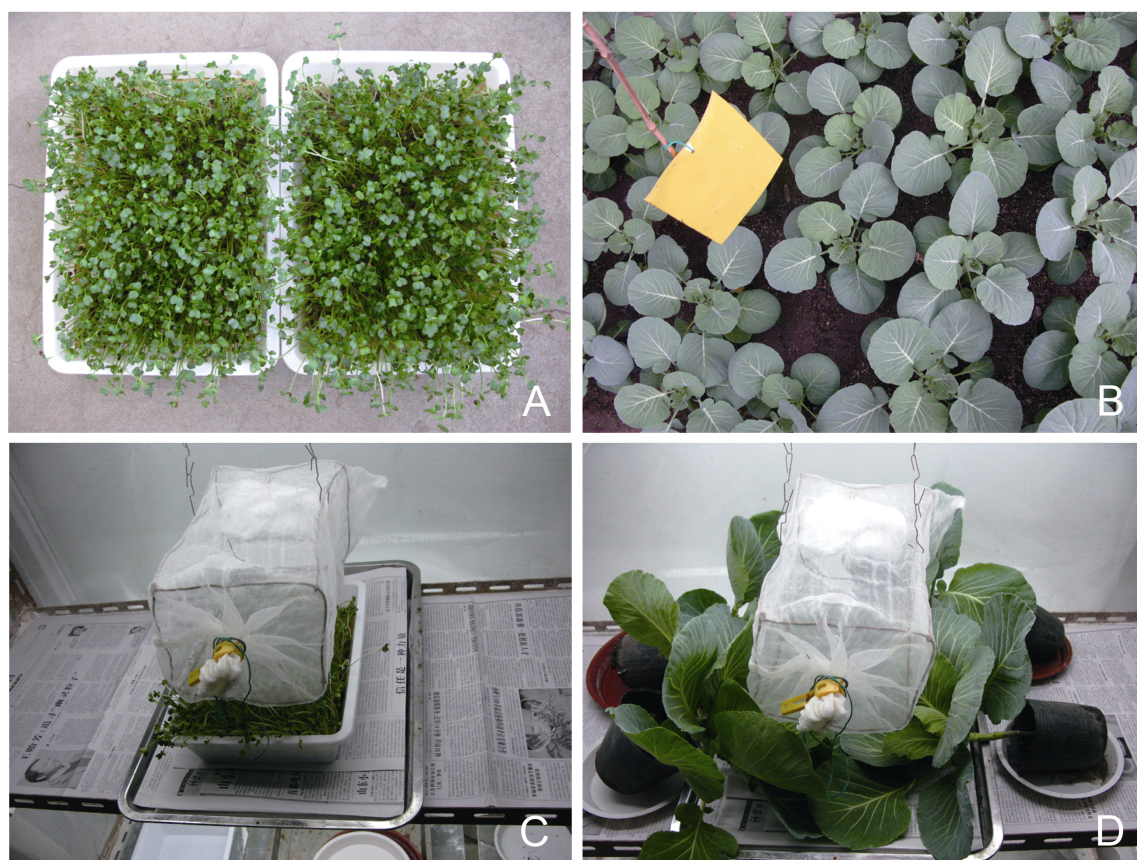


图1 小菜蛾的室内人工饲养方法

Fig. 1 The laboratory artificial mass-rearing method of *Plutella xylostella*

A. 萝卜苗; B. 甘蓝苗; C. 萝卜苗饲养笼法; D. 甘蓝苗饲养笼法。

A. Radish seedlings; B. Cabbage seedlings; C. *P. xylostella* rearing method with radish seedlings and a screen cage;

D. *P. xylostella* rearing method with cabbage seedlings and a screen cage.

的甘蓝苗供应不足时,尤其是在夏季,由于气温高,雨水频繁,田间病虫害发生严重,甘蓝苗难以大规模种植时,可以直接使用萝卜苗连续饲养小菜蛾幼虫。等到秋季甘蓝苗长成供应充足后,再转移到甘蓝苗上饲养。

2.3 蛹的冷藏

小菜蛾老熟幼虫化蛹后,用镊子将发育成熟的蛹(一般呈黄色)收集到扎孔透气的小塑料瓶中,塑料瓶底层铺一层湿滤纸保湿,置于 4℃ 冰箱中冷藏保存。在 4℃ 低温条件下,小菜蛾的蛹可以保存 1~2 周而不严重影响羽化率及产卵量。

3 注意事项与要求

(1) 养苗温室在夏季要注意高温焖棚以减少病虫害发生。种植菜苗用的营养土以及蛭石均需彻底进行高温灭菌消毒处理,否则易发生霉菌,造成菜苗死亡。同时在管理过程中要保证充足的光照,否则易造成菜苗的根茎腐烂或徒长倒伏。此外,播种用的菜籽都要用百菌清消毒。(2) 注意在小菜蛾成虫产卵期一定要及时饲喂蜂蜜水,以增加成虫的产卵量并提高卵的孵化率。(3) 小菜蛾幼虫在进入 3 龄后取食量会暴增,因此要及时补充菜苗,以免小菜蛾幼虫吃光菜苗后四处迁移,既不利于后期蛹的收集,也容易使其混入其它种群中导致种群混杂。(4) 收集小菜蛾蛹时要注意蛹发育完全后再冷藏,同时蛹在冷藏时要注意保湿透气,以提高蛹的羽化率。(5) 在成虫饲养前,将蛹从 4℃ 冰箱取出后,可以使用 10% 次氯酸钠稀释液对蛹进行消毒处理(将蛹浸泡在 10% 次氯酸钠稀释液中 5 s 后置于滤纸快速吸干),以防止病原微生物(如绿僵菌、白僵菌和微孢子虫等)的蛹期传播。(6) 在室内饲养小菜蛾时,虽然天敌和疾病危害的机会减少,但也要注意天敌和疾病,在饲养过程中一定要在隔间内洒满生石灰,要及时清除残留物,保持室内环境卫生,尤其是在蛹收集完每代结束后,一定要将养虫室隔间打扫干净,并用次氯酸钠消毒,同时定期使用紫外灯杀菌。

4 讨论

要获得大量虫龄一致的小菜蛾虫源,满足各种各样的实验要求,标准化的人工饲养是一个十分重要的工作。前人在小菜蛾饲养方法探索方面取得了很大进展,本文在前人研究的基础上,对小菜蛾室内大规模饲养技术进行了进一步的改进与规范。

目前,国内外报道的小菜蛾人工饲养技术主要有离体菜叶法(柯礼道和方菊莲,1979),发芽菜籽法(Koshihara and Yamada,1976;柯礼道和方菊莲,1981;Liu and Sun,1984),萝卜苗蛭石法(刘传秀等,1981),莲花白培育法(陈宗麒等,2001;弓爱君等,2005),人工饲料法(Biever and Boldt,1971;Miyasono *et al.*,1992;Miyasono *et al.*,1996;许勤,2005;Htwe *et al.*,2009),半合成人工饲料法(Hou and Hsiao,1986;方菊莲等,1988;莫美华等,2007),甘蓝苗活株法(杨峰山等,2004;魏娟等,2009)和青菜萝卜苗法(林坤等,2011)等。然而,通过对以上饲养方法进行比较,可以发现这些方法各有利弊。例如,离体菜叶法优点是使用时极其方便,但是小菜蛾幼虫成活率和化蛹率都较低,而且湿度大时,当小菜蛾幼虫取食菜叶后,叶面会有液珠渗出,易造成幼虫感病死亡,而湿度小时,叶片易干枯,更换不及时也会造成小菜蛾大量死亡,因此,该法应用较少,也不建议长期使用。人工饲料法及半合成人工饲料法中小菜蛾的成活率及化蛹率都较低,操作比较繁杂,所以应用也较少。莲花白培育法可以使小菜蛾生长发育整齐,幼虫死亡率较低,换苗较易,收蛹方便,此法便于大批量繁殖小菜蛾;但莲花白栽培期长,在此过程中,易受其它害虫如菜青虫、蚜虫等的危害,不利于小菜蛾的正常繁殖,所以应用也相对较少。萝卜苗蛭石法的优点在于萝卜苗可大批量种植且培育周期短,不易受其它害虫的危害,因此较为常用,但该方法需要多次转移幼虫,且湿度过大时易长霉菌造成幼虫染病死亡,化蛹后大收蛹也极为不便。甘蓝苗活株法饲养小菜

蛾, 苗持续时间长且繁育的幼虫虫体壮, 发育历期较整齐, 各虫态的发育良好, 其卵孵化率、羽化率、产卵量以及雌雄性比等均接近自然种群, 说明甘蓝是小菜蛾室内人工大量繁殖的理想材料, 而且此法要求较低, 实验条件也容易达到。然而, 该方法也存在一些缺点, 例如甘蓝生长周期长, 容易断苗, 夏季不易成活, 且栽培过程中易被其它害虫为害等。因此, 本实验室在该法基础上配合使用萝卜苗蛭石法后形成了独特的甘蓝萝卜苗法, 能很好的弥补以上两种方法各自的缺点并充分发挥各自的优点, 最终达到优势互补。这种改良后的方法更接近小菜蛾的自然生活状态, 本实验室已利用该方法在室内连续饲养小菜蛾十余年, 种群未见退化现象, 且饲养出来的小菜蛾世代整齐, 不易出现世代重叠现象, 便于管理, 同时能得到大量发育整齐的供试虫源, 可见室内利用甘蓝萝卜苗法大量饲养小菜蛾是一种非常可行的方法。

总体看来, 甘蓝萝卜苗法可以适用于全国大部分地区, 尽管不同地区在饲养小菜蛾方面会遇到一些问题, 但这些问题均可以在实践中因地制宜地加以克服。因此, 这种方法可以作为小菜蛾室内大量饲养的标准技术与方法在全国范围内加以推广, 从而为开展不同小菜蛾实验的科研人员提供标准的小菜蛾试虫。

参考文献 (References)

- Biever KD, Boldt PE, 1971. Continuous laboratory rearing of the diamondback moth and related biological data. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 64(3): 651–655.
- Chen QZ, Miao S, Luo KJ, 2001. Mass rearing techniques of diamondback moth. *Entomol. Knowl.*, 38(1): 68–70. [陈宗麒, 缪森, 罗开珺, 2001. 小菜蛾群体繁殖技术. 昆虫知识, 38(1): 68–70.]
- Dong SF, Niu ZF, Xiao P, Liu WH, Cao CD, 2010. Comparison of artificial rearing methods for *Plutella xylostella* L. *Shandong Agric. Sci.*, (12): 50–52. [董世峰, 牛柱峰, 肖鹏, 刘卫华, 曹长代, 2010. 小菜蛾人工饲养方法比较. 山东农业科学, (12): 50–52.]
- Fang JL, Xia DR, Yang RX, 1988. Study on the semi-synthetic diet and rearing technique of diamondback moth. *Acta Phytophy. Sin.*, 15(3): 167–171. [方菊莲, 夏大荣, 杨荣新, 1988. 小菜蛾半合成饲料研究. 植物保护学报, 15(3): 167–171.]
- Furlong MJ, Wright DJ, Dosdall LM, 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress and prospects. *Annu. Rev. Entomol.*, 58(1): 517–541.
- Gong AJ, Qiu LN, Gao HY, Qu DM, Kong LF, 2005. A new method rearing diamondback moth without larva shift. *Lab. Anim. Comp. Med.*, 25(2): 90–92. [弓爱君, 邱丽娜, 高鹤永, 曲冬梅, 孔令芳, 2005. 无幼虫转移的小菜蛾繁殖新方法. 实验动物与比较医学, 25(2): 90–92.]
- Hou RF, 1986. Mass rearing of diamondback moth. Proc 1st International Workshop on Diamondback Moth Manag, Shanhua, Taiwan. 89–95.
- Hou RF, Hsiao ML, 1986. An improved diet for rearing the diamondback moth, *Plutella xylostella*, and its requirements for fatty acids. *Chinese J. Entomol.*, 6(1): 31–37.
- Htwe AN, Takasu K, Takagi M, 2009. Laboratory rearing of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) with artificial diet. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 54(1): 147–151.
- Ke LD, Fang JL, 1979. Study on the biology of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L.: Life history, annual generations and temperature relations. *Acta Entomol. Sin.*, 22(3): 310–319. [柯礼道, 方菊莲, 1979. 小菜蛾生物学的研究: 生活史、世代数及温度关系. 昆虫学报, 22(3): 310–319.]
- Ke LD, Fang JL, 1981. Mass-rearing of the diamondback moth with germinated radish seeds. *Entomol. Knowl.*, 18(3): 233–235. [柯礼道, 方菊莲, 1981. 应用发芽菜籽大量饲养小菜蛾. 昆虫知识, 18(3): 233–235.]
- Koshihara T, Yamada H, 1976. A simple mass-rearing technique of the diamond-back moth, *Plutella xylostella* (L.), on germinating rape seeds. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 20(2): 110–114 (in Japanese with English summary).
- Lin K, Yang ML, Li JT, Yan GJ, 2011. Artificial rearing method of diamondback moth by green vegetable and white radish. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 48(4): 1103–1106. [林坤, 杨敏丽, 李建涛, 刘根姣, 2011. 用青菜萝卜苗法室内大量饲养小菜蛾的方法. 应用昆虫学报, 48(4): 1103–1106.]
- Liu CX, Han ZJ, Li FL, Chen ZH, 1981. Study on laboratory continuous mass-rearing the diamondback moth by the method using vermiculite and radish seedlings. *Entomol. Knowl.*, 30(6): 341–344. [刘传秀, 韩招久, 李凤良, 陈之浩, 1981. 应用蛭石萝卜苗法室内继代大量繁殖小菜蛾的研究. 昆虫知识, 30(6): 341–344.]

- Liu MY, Sun CN, 1984. Rearing diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) on rape seedlings by a modification of the Koshihara and Yamada method. *J. Econ. Entomol.*, 77(6): 1608–1609.
- Miyasono M, Ohba K, Masuko M, Doteuchi M, 1996. Improvement of aseptic rearing of diamondback moth, *Plutella xylostella*, with artificial diet. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 40(4): 302–305 (in Japanese with English summary).
- Miyasono M, Yamamoto M, Ohba K, Koshihara T, Ishiguro T, Hayashi Y, 1992. Mass rearing of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. with an improved artificial diet. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 36(3): 193–196 (in Japanese with English summary).
- Mo MH, Pang H, Pang XF, 2007. Optimization of the semi-synthetic diet of diamondback moth. *Acta Sci. Natur. Sunyatseni*, 46(6): 63–68. [莫美华, 庞虹, 庞雄飞, 2007. 小菜蛾半合成人工饲料配方的优化. 中山大学学报(自然科学版), 46(6): 63–68.]
- We J, Xiao TG, Zhang YJ, 2009. Continuous rearing techniques in laboratory for diamondback moth and toxicity testing. *Crop Res.*, 23(2): 129–132. [魏娟, 肖铁光, 张友军, 2009. 小菜蛾室内继代饲养技术及抗性选育. 作物研究, 23(2): 129–132.]
- Wu QJ, Zhu GR, Zhang WJ, 2001. The occurrence and damage characteristics and the current insecticide resistance status of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *China Veg.*, (5): 49–51. [吴青君, 朱国仁, 张文吉, 2001. 小菜蛾的发生为害特点及抗药性现状. 中国蔬菜, (5): 49–51.]
- Xu Q, 2005. The rearing technique and environment of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Jiangsu Agric. Sci.*, (2): 66–67. [许勤, 2005. 小菜蛾的培养技术与环境. 江苏农业科学, (2): 66–67.]
- Yang FS, Zhang YJ, Zhang WJ, Xu BY, Wu QJ, 2004. A artificial rearing method of diamondback moth by *Brassica napus*. *Entomol. Knowl.*, 41(5): 483–486. [杨峰山, 张友军, 张文吉, 徐宝云, 吴青君, 2004. 用甘蓝苗连续饲养小菜蛾的技术. 昆虫知识, 41(5): 483–486.]
- Yuan J, Weng YJ, 2001. The artificial rearing and toxicity test to several insecticides of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Liaoning Agric. Sci.*, (1): 44–45. [袁静, 翁永军, 2001. 小菜蛾人工饲养和几种药剂的毒力测定. 辽宁农业科学, (1): 44–45.]
- Zhang YJ, Wu QJ, Wang SL, Chu D, Xie W, 2013. Current status and prospects of the important insect pests on the vegetable crops in China. *Plant Prot.*, 39(5): 38–45. [张友军, 吴青君, 王少丽, 褚栋, 谢文, 2013. 我国蔬菜重要害虫研究现状与展望. 植物保护, 39(5): 38–45.]